

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-116990

(43)Date of publication of application : 27.04.2001

(51)Int.Cl. G02B 13/18
G02B 13/24

(21)Application number : 11-298399

(71)Applicant : RICOH OPT IND CO LTD

(22)Date of filing : 20.10.1999

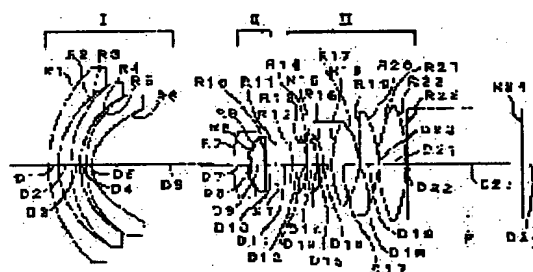
(72)Inventor : TOBIUCHI KUNYUKI

(54) LENS FOR PROJECTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To actualize a lens for projection which has an F number of about 2.4, maintains high resolving power although it has a large half field angle of $\geq 45^\circ$, and has long back focus enough for color composite means disposition and high telecentricity.

SOLUTION: A 1st lens group I with negative refracting power, a 2nd lens group II with positive refracting power, and a 3rd lens group III with positive refracting power are arranged from the enlargement side to the reduction size; and the 1st lens group I and 2nd lens group II has a relatively long interval, the 1st lens group I is all composed of negative lenses, and the most reduction side lens in the 1st lens group I has an aspherical surface.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-116990

(P2001-116990A)

(43) 公開日 平成13年4月27日 (2001.4.27)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード^{*}(参考)

G 0 2 B 13/18

G 0 2 B 13/18

2 H 0 8 7

13/24

13/24

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平11-298399

(22) 出願日

平成11年10月20日 (1999. 10. 20)

(71) 出願人 000115728

リコー光学株式会社

岩手県花巻市大畑第十地割109番地

(72) 発明者 飛内 邦幸

岩手県花巻市大畑第10地割109番地・リコー光学株式会社内

(74) 代理人 100067873

弁理士 樺山 亨 (外1名)

Fターム(参考) 2H087 KA07 LA03 PA09 PA10 PA18

PB10 PB11 QA02 QA07 QA17

QA22 QA26 QA34 QA41 QA45

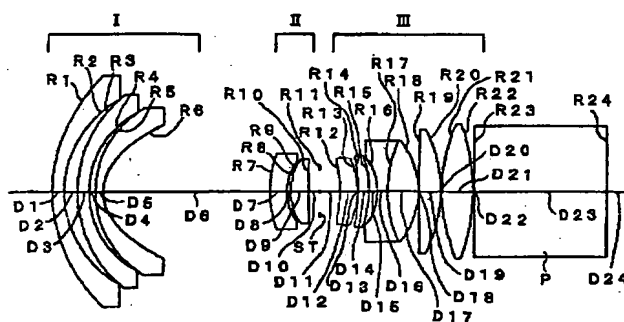
RA05 RA12 RA31 RA42

(54) 【発明の名称】 投射用レンズ

(57) 【要約】

【課題】 F値：2.4程度の明るさを有し、半画角45度以上の高画角でありながらも高い解像力を維持し、色合成手段配備に必要な十分な長さのバックフォーカスをもち、高いテレセントリック性を有する投射用レンズを実現する。

【解決手段】 拡大側から縮小側に向かって、負の屈折力を持つ第1レンズ群I、正の屈折力を持つ第2レンズ群II、正の屈折力を持つ第3レンズ群IIIを配し、第1レンズ群Iと第2レンズ群II間に比較的長い間隔を有し、第1レンズ群Iは全て負レンズで構成され、第1レンズ群Iの内、最も縮小側のレンズが非球面を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 拡大側から縮小側に向かって、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群を配し、上記第 1 レンズ群と上記第 2 レンズ群間に比較的長い間隔を有し、

上記第 1 レンズ群は全て負レンズで構成され、第 1 レンズ群の内、最も縮小側のレンズが非球面を有することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 2】 請求項 1 記載の投射用レンズにおいて、第 3 レンズ群を構成するレンズの内、少なくとも 1 枚が非球面を有することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の投射用レンズにおいて、
 レンズ全系の焦点距離を f 、第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 、上記第 1 レンズ群と上記第 2 レンズ群の間の空気間隔を D とするとき、これらが条件：

- (1) $-2.7 < f_1 / f < -2.0$
- (2) $2.2 < f_3 / f < 2.8$
- (3) $2.9 < D / f < 4.1$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 4】 請求項 1 または 2 または 3 記載の投射用レンズにおいて、

第 2 レンズ群が、負の屈折力を持つレンズ L2A と正の屈折力を持つレンズ L2B とで構成されており、レンズ L2A のアッベ数がレンズ L2B のアッベ数よりも大きいことを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 4 の任意の 1 に記載の投射用レンズにおいて、

第 3 レンズ群の拡大側の焦点位置近傍に、開口絞りが配置されたことを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 の任意の 1 に記載の投射用レンズにおいて、

第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の間に、光路を曲げるための反射手段が配置されたことを特徴とする投射用レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、液晶パネル等に表示される平面画像を、拡大してスクリーン等の表示媒体上に投射結像させる投射用レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】 液晶パネルに表示された平面画像を、スクリーン等の表示媒体上に拡大投射する液晶プロジェクタは、ビデオ再生画像やコンピュータのデータ等の表示用として、近来広く普及してきている。なかでも、赤・緑・青の各色画像を、独立した液晶パネル（液晶ライトバルブ等）に表示し、各色画像を合成して拡大投影表示する「3 板式液晶プロジェクタ」は、画像が高精細であ

ることから普及率も高い。図 18 は、従来から知られた 3 板式液晶プロジェクタの、光学配置を説明図として示している。符号 1 ～ 3 は液晶ライトバルブを示す。液晶ライトバルブ 1 は青画像表示用であり、液晶ライトバルブ 2 および 3 はそれぞれ、緑画像および赤画像表示用である。符号 4 は「色合成手段」としてのクロス型ダイクロイックプリズム、符号 5 は投射用レンズ、符号 6 は「表示媒体」としてのスクリーンを示す。図示されない照明光源光学系により、液晶ライトバルブ 1 には青色光、液晶ライトバルブ 2 には緑色光、液晶ライトバルブ 3 には赤色光がそれぞれ照射され、各液晶ライトバルブを透過した光（各液晶ライトバルブに表示された画像により 2 次元的に変調されている）は、クロス型ダイクロイックプリズム 4 で合成されて投射用レンズ 5 に入射する。投射用レンズ 5 から射出した光は、液晶ライトバルブ 1、2、3 の画像情報を、合成してカラー画像としてスクリーン 6 上に拡大して投影表示する。

【0003】 このように、3 板式液晶プロジェクタでは、投射用レンズ 5 の縮小側に、液晶ライトバルブや「プリズム等の色合成手段」が配置され、特に、投射用レンズと液晶ライトバルブとの間に色合成手段を配備しなければならないため、投射用レンズ 5 は「長いバックフォーカス」を必要とする。また、液晶ライトバルブから色合成手段 4 に入射する光束の角度が変化すると、それに応じて、色合成手段の分光透過率も変化し、投影されたカラー画像における各色の明るさが画角により変化して見づらい画像になるので、投射用レンズ 5 は、主光線の角度が縮小側で同じになるテレセントリックな性質を持つことが好ましい。近来、テレビ放送のデジタル化を迎え、また、一般家庭におけるテレビの大画面化の傾向と相俟って、これに適した背面投射タイプの 3 板式液晶リアプロジェクタの高い普及率が予想されている。このような状況から、3 板式液晶リアプロジェクタに対しては、さらなる投射距離の短縮化・大画面化の要望が強く、投射用レンズに対し、投射距離短縮のための短焦点化、高画角化、表示画質を確保するための高性能、さらなるコンパクト化の要請が強まってきている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 この発明は、上記要請にこたえるべく、F 値：2.4 程度の明るさを有し、半画角 45 度以上の高画角でありながらも高い解像力を維持し、色合成手段配備に必要な十分な長さのバックフォーカスを持ち、高いテレセントリック性を有する投射用レンズの実現を課題とする。この発明はまた、3 板式液晶リアプロジェクタ本体に、コンパクトに組み込むことのできるコンパクトな投射用レンズの実現を課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 この発明の投射用レンズは、図 1 に例示するように、拡大側（図 1 の左方）から

縮小側に向かって順次、第1レンズ群I～第3レンズ群IIIを配している。第1群Iは「負の屈折力」を持ち、第2レンズ群IIと第3レンズ群IIIは「共に正の屈折力」を持つ。従って、全体のパワー配分は「負・正・正」である。第1レンズ群Iと第2レンズ群IIとの間には「比較的長い間隔」を有する。第1群は「全て負レンズ」で構成され、第1レンズ群Iを構成するレンズの内、最も縮小側のレンズが非球面を有する（請求項1）。請求項1記載の投射用レンズはまた、第3レンズ群IIIを構成するレンズの内の少なくとも1枚が非球面を有することができる（請求項2）。上記請求項1または2記載の投射用レンズは、レンズ全系の焦点距離を f 、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 、上記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間の空気間隔を D とすると、これらが条件：

$$(1) \quad -2.7 < f_1/f < -2.0$$

$$(2) \quad 2.2 < f_3/f < 2.8$$

$$(3) \quad 2.9 < D/f < 4.1$$

を満足することが好ましい（請求項3）。請求項1または2または3記載の投射用レンズはまた、第2レンズ群IIを、負の屈折力を持つレンズL2A（図1で、拡大側のレンズ）と正の屈折力を持つレンズL2B（図1で、縮小側のレンズ）とで構成し、レンズL2Aのアッベ数をレンズL2Bのアッベ数よりも大きくすることができ（請求項4）。

【0006】上記請求項1～4の任意の1に記載の投射用レンズにおいては、第3レンズ群IIIの拡大側の焦点位置近傍に、開口絞りSTを配置することができる（請求項5）。請求項6記載の投射用レンズは、上記請求項1～5の任意の1に記載の投射用レンズにおいて、第1レンズ群と第2レンズ群の間に「光路を曲げるための反射手段」を配置したことを特徴とする。

【0007】この発明の投射用レンズは、長いバックフォーカスと、高いテレセントリック性を持たせるため、拡大側から負の屈折力を持つ第1レンズ群I、正の屈折力を持つ第2レンズ群II、正の屈折力を持つ第3レンズ群IIIの、3群構成とし、屈折力の分布を「負・正・正」とすることにより、拡大側が負で縮小側が正の「基本的なレトロフォーカス型レンズ」とし、第1レンズ群Iと第2レンズ群IIの間に、比較的長い間隔を配している。第1・第2レンズ群間のこの「比較的長い間隔」には、請求項6記載の投射用レンズのように「光路を折り曲げるミラー手段」を配置することができ、また必要に応じて「有害な光線をカットする光学フィルター」等の光学系を配置することができる。第1、第2レンズ群間に「比較的長い間隔」を配すると、第1レンズ群の外径が大きくなる傾向にあり、一般に行われている「レトロフォーカス型レンズの歪曲収差補正を担う正の屈折力のレンズ」を配置する事が困難となる。そこで、第1レンズ群を全て負の屈折力のレンズで構成し、外径を小さく

すると共に、最も縮小側のレンズを非球面レンズとすることで、歪曲収差を適切に補正している。請求項2記載の投射用レンズのように、第3群を構成するレンズの少なくとも1枚に非球面を採用することによって、投射用レンズの球面収差、非点収差を少ないレンズ枚数で補正することが可能になる。

【0008】請求項3記載の投射用レンズが満足する条件(1)～(3)のうち、条件(1)は、所望のバックフォーカスと良好な光学性能を得る為の条件である。条件(1)の下限を超えると、第1レンズ群の負の屈折力が小さくなって「レトロフォーカス性」が弱くなり、コンパクト性を保ちつつ、所望のバックフォーカスを確保するのが困難になる。条件(1)の上限を超えると、第1レンズ群の負の屈折力が過大になり、コマ収差、像面湾曲等の軸外収差を良好に保つのが困難になる。条件(2)は、高いテレセントリック性と所望のバックフォーカスを得る為の条件である。条件(2)の下限を超えると、第3レンズ群の屈折力が大きくなり、軸外の主光線が大きく曲げられてテレセントリック性が損なわれるとともに、第1レンズ群と第2レンズ群の間に「所望の間隔」を確保することが困難になる。条件(2)の上限を超えると、第3レンズ群の屈折力が小さくなり、それに応じて第1レンズ群の屈折力も小さくしなければならなくなり、第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が広がり、第1レンズ群が大型化する。条件(3)は、第1レンズ群と第2レンズ群の間に、前述の「光路を折り曲げる反射手段」等を適切に配置できるようにする為の条件式であるが、上限を超えると、投射用レンズの全長が長大化し、第1レンズ群の外径も大きくなってコンパクト性の確保が困難になる。条件(3)の下限を超えると、第1レンズ群と第2レンズ群の間に「所望の空気間隔」を確保することが困難になる。また、所望のバックフォーカスを得ようとする、第1レンズ群の負の屈折力、第3レンズ群の正の屈折力を共に大きくしなければならず、このようにすると球面収差・コマ収差等の収差が悪化する。

【0009】請求項4記載の投射用レンズにおけるアッベ数に対する条件は、投射用レンズのコンパクト性を保ちつつ、軸上色収差を効果的に補正する条件である。前述の如く、この発明の投射用レンズは、第1レンズ群と第2レンズ群との間に比較的長い間隔を有する為、第1レンズ群の外径が大きくなり易い。請求項4の条件を満足することにより、「正の屈折力のレンズ」を第1レンズ群内に配備することなく軸上色収差を補正でき、上記正の屈折力のレンズを第1レンズ群中に配置することによる「外形の大型化」を防ぐことができる。請求項5記載の投射用レンズのように、第3レンズ群の拡大側の焦点位置近傍に「開口絞り」を配置することにより、高いテレセントリック性を確保すると共に、高い開口効率を実現できる。また、請求項6記載の投射用レンズのよう

に、第1レンズ群と第2レンズ群との間に「光路を折り曲げる反射手段」、例えば、ミラー、プリズム等を配置することにより、投射用レンズのコンパクト性が計られるとともに、3板式液晶リアプロジェクタ本体内のレイアウトの自由度も増し、本体をより小さくする事が可能となる。

【0010】なお、図1において、符号Pは「色合成手段としての色合成プリズム」を示している。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、具体的な実施の形態として、7実施例を挙げる。

【0012】各実施例において、「S」により面（開口絞りの絞り面、色合成プリズムの射出面・入射面を含む）の番号（拡大側から数える）を表し、「R」により各面の曲率半径（非球面にあつては近軸曲率半径）を表し、「D」により光軸上の面間隔を表す。また、「Nd」及び「vd」により、各レンズの材質の、d線に対*

*する屈折率と、アッベ数を示す。また「f」は投射用レンズの焦点距離、「F/No」は明るさを表すF値、「 ω 」は半画角、「bf」は空气中（プリズムのない状態）のバックフォーカスを表す。非球面の形状は、光軸との交点を原点とし、光軸に対する高さ：h、光軸方向の変移：Z、近軸曲率：c（前記近軸曲率半径の逆数）、円錐定数：K、高次の非球面係数：A、B、C、D、Eとして、周知の式：

$$Z = c \cdot h^2 / [1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot c^2 \cdot h^2}] + A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + D \cdot h^{10} + E \cdot h^{12}$$

で表す。

【0013】実施例1

図2に、実施例1の投射用レンズのレンズ構成を示す。拡大側（図の左側）から負の屈折力を持つ第1レンズ群I、比較的長い間隔を隔てて正の屈折力を持つ第2レンズ群II、開口絞りST、正の屈折力を持つ第3レンズ群III、プリズムPからなっている。

$$f=17.3, F/No=2.4, \omega=45.3\text{度}, bf=39.15$$

S	R	D	Nd	vd
1	66.902	4.221	1.74330	49.2
2	43.849	4.950		
3	51.710	4.380	1.65160	58.4
4	37.629	2.406		
5	40.658	3.000	1.49154	57.8
6	19.115	60.550		
7	51.921	6.189	1.58913	61.3
8	22.483	1.226		
9	24.589	6.414	1.72825	28.3
10	426.090	4.079		
11	∞ (絞り)	7.084		
12	-66.842	6.544	1.69680	55.5
13	-33.906	0.300		
14	-69.748	4.314	1.51680	64.2
15	-41.439	3.014		
16	-23.134	3.820	1.80518	25.5
17	54.153	11.722	1.48749	70.4
18	-33.517	0.300		
19	12053.791	7.939	1.62041	60.3
20	-57.912	0.300		
21	74.688	11.264	1.58913	61.3
22	-89.772	0.320		
23	∞	48.000	1.51680	64.2
24	∞	7.784		

非球面

第6面

$$K = -0.723603, A = 0.490527 \times 10^{-6}, B = -0.249556 \times 10^{-9}, \\ C = -0.260326 \times 10^{-11}, D = 0.478098 \times 10^{-15}, E = -0.265872 \times 10^{-17}$$

条件式の値

(1) -2.47

(2) 2.41

(3) 3.50

図9に、実施例1の投射用レンズを縮小側で評価した収差図を示す。基準波長は「546nmのe線」としている。非点収差図におけるSはサジタル光線、Mはメリディオナル光線の場合を示している。他の収差図において*

*も同様である。

【0014】実施例2

図3に、実施例2の投射用レンズのレンズ構成を、図2に倣って示す。

f=17.3、F/No=2.4、 $\omega=45.2$ 度、bf=39.14

S	R	D	Nd	ν_d
1	68.956	6.325	1.74330	49.2
2	46.642	6.304		
3	57.293	4.517	1.65160	58.4
4	39.757	3.987		
5	45.620	3.000	1.49154	57.8
6	20.137	69.200		
7	48.692	5.753	1.58913	61.3
8	25.727	1.584		
9	27.472	5.535	1.72825	28.3
10	347.349	4.302		
11	∞ (絞り)	8.674		
12	-91.822	4.562	1.69680	55.5
13	-38.396	0.506		
14	-54.589	4.348	1.51680	64.2
15	-38.778	2.986		
16	-23.491	5.030	1.80518	25.5
17	53.328	11.511	1.48749	70.4
18	-35.077	0.581		
19	707.518	7.864	1.62041	60.3
20	-63.051	0.300		
21	72.385	10.994	1.58913	61.3
22	-98.384	0.300		
23	∞	48.000	1.51680	64.2
24	∞	7.784		

非球面

第6面

$K=-0.720194$, $A=0.366381 \times 10^{-7}$, $B=-0.689612 \times 10^{-10}$,
 $C=-0.315017 \times 10^{-11}$, $D=0.134922 \times 10^{-14}$, $E=-0.201544 \times 10^{-17}$

条件式の値

(1) -2.52

(2) 2.57

(3) 4.00

図10に、実施例2の投射用レンズを縮小側で評価した収差図を示す。

※図4に、実施例3の投射用レンズのレンズ構成を、図2に倣って示す。

【0015】実施例3

※

f=17.3、F/No=2.4、 $\omega=45.4$ 度、bf=39.13

S	R	D	Nd	ν_d
1	66.098	4.785	1.74330	49.2
2	38.363	4.566		
3	45.556	3.000	1.65160	58.4
4	33.819	4.080		
5	40.294	3.334	1.49154	57.8
6	18.564	52.000		

9				
7	57.454	3.230	1.58913	61.3
8	35.014	0.300		
9	34.456	8.000	1.72825	28.3
10	-654.715	8.038		
11	∞ (絞り)	8.919		
12	-72.783	4.965	1.69680	55.5
13	-27.545	0.300		
14	-30.396	3.000	1.49154	57.8
15	-39.959	2.550		
16	-27.301	3.007	1.80518	25.5
17	51.118	11.316	1.48749	70.4
18	-35.341	0.416		
19	-234.604	7.903	1.62041	60.3
20	-47.795	0.300		
21	179.708	12.285	1.58913	61.3
22	-48.569	0.300		
23	∞	48.000	1.51680	64.2
24	∞	7.784		

非球面

第6面

$K = -0.759422$, $A = -0.634822 \times 10^{-7}$, $B = -0.259778 \times 10^{-6}$,
 $C = -0.380183 \times 10^{-11}$, $D = 0.302099 \times 10^{-14}$, $E = -0.809244 \times 10^{-17}$

第15面

$K = -2.47655$, $A = 0.945226 \times 10^{-5}$, $B = 0.550034 \times 10^{-6}$,
 $C = -0.977880 \times 10^{-11}$, $D = 0.333603 \times 10^{-12}$, $E = -0.139238 \times 10^{-14}$

条件式の値

(1) -2.12

(2) 2.35

(3) 3.00

図11に、実施例3の投射用レンズを縮小側で評価した 30 * 図5に、実施例4の投射用レンズのレンズ構成を、図2
 収差図を示す。 に倣って示す。

【0016】実施例4

*

f=17.3、F/N_o=2.4、 $\omega=45.4$ 度、b f=39.15

S	R	D	Nd	v d
1	66.994	7.409	1.74330	49.2
2	40.705	5.616		
3	50.784	3.277	1.65160	58.4
4	35.325	4.190		
5	42.354	3.008	1.49154	57.8
6	18.904	25.900		
7	∞	48.000	1.51680	64.2
8	∞	3.000		
9	58.618	3.645	1.58913	61.3
10	40.115	0.300		
11	38.321	5.664	1.72825	28.3
12	-403.765	6.515		
13	∞ (絞り)	9.103		
14	-71.692	4.640	1.69680	55.5
15	-31.434	0.898		
16	-37.077	3.000	1.49154	57.8

11	12
17 -44.533 2.881	
18 -28.706 3.000 1.80518 25.5	
19 46.673 11.516 1.48749 70.4	
20 -36.885 0.743	
21 -337.090 8.000 1.62041 60.3	
22 -52.676 0.702	
23 179.639 12.563 1.58913 61.3	
24 -48.841 0.300	
25 ∞ 48.000 1.51680 64.2	
26 ∞ 7.800	

非球面

第6面

$K = -0.745055$, $A = 0.798626 \times 10^{-7}$, $B = -0.163054 \times 10^{-8}$,
 $C = -0.382532 \times 10^{-11}$, $D = 0.384170 \times 10^{-14}$, $E = -0.692046 \times 10^{-17}$

第17面

$K = -2.194191$, $A = 0.905236 \times 10^{-5}$, $B = 0.730483 \times 10^{-8}$,
 $C = -0.346268 \times 10^{-10}$, $D = 0.400363 \times 10^{-12}$, $E = -0.139238 \times 10^{-14}$

条件式の値

(1) -2.18

(2) 2.52

(3) 3.50 (Dの値は空気換算長=60.55である。)

図12に、実施例4の投射用レンズを縮小側で評価した * 図6に、実施例5の投射用レンズのレンズ構成を、図2
 収差図を示す。 に倣って示す。

【0017】実施例5

*

f=17.3、F/N_o=2.4、 $\omega=45.4$ 度、b f=39.14

S	R	D	Nd	v d
1	66.488	8.000	1.74330	49.2
2	47.870	7.531		
3	61.793	6.462	1.65160	58.4
4	38.762	8.490		
5	59.360	3.000	1.49154	57.8
6	20.545	69.200		
7	44.143	3.000	1.58913	61.3
8	38.298	0.904		
9	43.999	5.444	1.72825	28.3
10	-560.804	7.071		
11	∞ (絞り)	10.600		
12	-58.212	4.279	1.69680	55.5
13	-33.544	0.300		
14	-50.167	3.000	1.49154	57.8
15	-54.789	4.109		
16	-31.231	3.000	1.80518	25.5
17	45.903	11.464	1.48749	70.4
18	-38.118	0.300		
19	-596.426	7.152	1.62041	60.3
20	-60.290	1.528		
21	144.782	12.379	1.58913	61.3
22	-50.721	0.300		
23	∞	48.000	1.51680	64.2
24	∞	7.780		

非球面

第6面

$$K = -0.733938, A = -0.682613 \times 10^{-6}, B = -0.115020 \times 10^{-6},$$

$$C = -0.334012 \times 10^{-11}, D = 0.231678 \times 10^{-14}, E = -0.248061 \times 10^{-17}$$

第15面

$$K = -1.632315, A = 0.860901 \times 10^{-5}, B = 0.769495 \times 10^{-6},$$

$$C = -0.709000 \times 10^{-10}, D = 0.518172 \times 10^{-12}, E = -0.139239 \times 10^{-14}$$

条件式の値

(1) -2.27

(2) 2.65

(3) 4.00

図13に、実施例5の投射用レンズを縮小側で評価した
収差図を示す。

* 図7に、実施例6の投射用レンズのレンズ構成を、図2
に倣って示す。

【0018】実施例6

*

f=17.3、F/No=2.4、 $\omega=45.2$ 度、b f=38.85

S	R	D	Nd	v d
1	71.512	8.000	1.74330	49.2
2	54.919	9.053		
3	72.257	8.000	1.65160	58.4
4	43.630	6.875		
5	55.452	7.345	1.49154	57.8
6	20.954	69.200		
7	60.337	3.203	1.58913	61.3
8	27.005	1.806		
9	27.288	6.215	1.72825	28.3
10	476.514	5.363		
11	∞ (絞り)	9.690		
12	-148.084	5.435	1.69680	55.5
13	-39.051	2.707		
14	-25.111	6.576	1.80518	25.5
15	50.895	11.934	1.48749	70.4
16	-34.258	0.300		
17	-1021.523	7.323	1.49154	57.8
18	-58.302	0.300		
19	56.346	12.652	1.58913	61.3
20	-112.966	1.326		
21	∞	48.000	1.51680	64.2
22	∞	7.784		

非球面

第6面

$$K = -0.726004, A = -0.132647 \times 10^{-6}, B = -0.101805 \times 10^{-6},$$

$$C = -0.196352 \times 10^{-11}, D = 0.265319 \times 10^{-14}, E = -0.240580 \times 10^{-17}$$

第18面

$$K = -0.440388, A = 0.367389 \times 10^{-6}, B = -0.558733 \times 10^{-9},$$

$$C = 0.377645 \times 10^{-12}, D = 0.105239 \times 10^{-14}, E = 0.158780 \times 10^{-18}$$

条件式の値

(1) -2.59

(2) 2.55

(3) 4.00

図14に、実施例6の投射用レンズを縮小側で評価した 50 収差図を示す。

【0019】実施例7

*に倣って示す。

図8に、実施例7の投射用レンズのレンズ構成を、図2*

f=17.3、F/N_o=2.4、 ω =45.6度、b f=43.58

S	R	D	Nd	ν_d
1	73.386	5.500	1.72000	50.3
2	52.609	5.010		
3	68.117	5.500	1.73400	51.1
4	39.481	4.864		
5	50.658	5.000	1.49154	57.8
6	22.227	19.548		
7	∞	48.000	1.51680	64.2
8	∞	2.122		
9	166.871	4.323	1.48749	70.4
10	24.856	1.490		
11	27.544	7.129	1.80518	25.5
12	-393.901	4.679		
13	∞ (絞り)	6.518		
14	-131.507	8.000	1.48749	70.4
15	-18.036	0.594		
16	-17.687	5.740	1.80518	25.5
17	48.777	11.062	1.51680	64.2
18	-37.425	2.620		
19	-983.469	8.306	1.49154	57.8
20	-46.434	0.329		
21	178.975	12.469	1.65844	50.9
22	-52.287	5.000		
23	∞	48.000	1.51680	64.2
24	∞	7.540		

非球面

第6面

 $K = -0.615659$, $A = -0.211762 \times 10^{-5}$, $B = -0.300808 \times 10^{-6}$,
 $C = -0.181833 \times 10^{-11}$, $D = 0.833522 \times 10^{-15}$, $E = -0.198702 \times 10^{-17}$

第19面

 $K = 946.354967$, $A = -0.376758 \times 10^{-5}$, $B = 0.149254 \times 10^{-6}$,
 $C = -0.764429 \times 10^{-12}$, $D = -0.217488 \times 10^{-14}$, $E = 0.220038 \times 10^{-17}$

条件式の値

(1) -2.46

(2) 2.33

(3) 3.08 (Dの値は空気換算長=53.32である。)

図15に、実施例7の投射用レンズを縮小側で評価した40 収差図を示す。

【0020】上記実施例4と7とは、投射用レンズの第1レンズ群と第2レンズ群の間に、プリズムを挿入した例である。第1レンズ群と第2レンズ群の機構的な間隔を一定に保つ条件下であれば、プリズムを挿入することにより光学的な長さが短くなるので、第1レンズ群の外径を小さくできるのでコンパクト性に有利となる。図16は、実施例5の投射用レンズの、第1レンズ群Iと第2レンズ群IIの間に、反射手段として平面反射ミラーMを配置した例である。実施例1, 2, 3, 6の投射用レ

ンズも、同様に、第1レンズ群と第2レンズ群の間に平面反射ミラーMを配置することが可能である。図17は、実施例4の投射用レンズの第1レンズ群と第2レンズ群の間のプリズムを、反射面を持つプリズムRPにした例である。実施例7の投射用レンズも同様に、反射面を持つプリズムRPにすることが可能である。このように光路を自由に曲げることにより、投射用レンズのコンパクト性が向上し、3板式液晶リアプロジェクタ本体内のレイアウトの自由度が増し、本体そのものもコンパクトにする事が可能になる。

【0021】各収差図に示されるように、本発明による

投射用レンズは、各実施例とも、高い光学性能を持っている。

【0022】上に挙げた実施例1～7の投射用レンズは、何れも、拡大側から縮小側に向かって、負の屈折力を持つ第1レンズ群I、正の屈折力を持つ第2レンズ群II、正の屈折力を持つ第3レンズ群IIIを配し、第1レンズ群Iと第2レンズ群II間に比較的長い間隔を有し、第1レンズ群Iは全て負レンズで構成され、第1レンズ群の内、最も縮小側のレンズが非球面（第6面）を有する

（請求項1）。また、実施例3～7は、第3レンズ群を構成するレンズの内、少なくとも1枚が非球面（実施例3では第15面、実施例4では第17面、実施例5では第15面、実施例6では第18面、実施例7では第19面）を有する（請求項2）。また、実施例1～7の投射用レンズは、何れも、レンズ全系の焦点距離： f 、第1レンズ群の焦点距離： f_1 、第3レンズ群の焦点距離： f_3 、第1レンズ群と第2レンズ群の間の空気間隔： D が、条件：

$$(1) \quad -2.7 < f_1 / f < -2.0$$

$$(2) \quad 2.2 < f_3 / f < 2.8$$

$$(3) \quad 2.9 < D / f < 4.1$$

を満足する（請求項3）。また、各実施例とも、第2レンズ群は、負の屈折力を持つレンズL2Aと正の屈折力を持つレンズL2Bとで構成されており、レンズL2Aのアッペ数がレンズL2Bのアッペ数よりも大きく（請求項4）、第3レンズ群の拡大側の焦点位置近傍に開口絞りSTが配置されている（請求項5）。また、図16に示すように、実施例5や実施例1、2、3、6の投射用レンズの、第1レンズ群と第2レンズ群の間に、反射手段として平面反射ミラーを配置でき、図17に示すように、実施例4、7の投射用レンズの第1レンズ群と第2レンズ群の間に、反射面を持つプリズムを配置することができる（請求項6）。

【0023】

【発明の効果】以上に説明したように、この発明によれば、F値2.4程度の明るさ、半画角45度以上の高画角でありながらも高い解像力を維持し、十分な長さのバ*

* ックフォーカス、高いテレセントリック性、コンパクト性を有する投射用レンズを実現できる。特に、この発明の投射用レンズを3板式液晶リアプロジェクタに搭載することにより、プロジェクタ本体をコンパクト化することができ、高画角、大画面でありながらも、明るく、質の高い映像を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の投射用レンズを説明する図である。

【図2】実施例1のレンズ構成を示す図である。

【図3】実施例2のレンズ構成を示す図である。

【図4】実施例3のレンズ構成を示す図である。

【図5】実施例4のレンズ構成を示す図である。

【図6】実施例5のレンズ構成を示す図である。

【図7】実施例6のレンズ構成を示す図である。

【図8】実施例7のレンズ構成を示す図である。

【図9】実施例1に関する収差図である。

【図10】実施例2に関する収差図である。

【図11】実施例3に関する収差図である。

【図12】実施例4に関する収差図である。

【図13】実施例5に関する収差図である。

【図14】実施例6に関する収差図である。

【図15】実施例7に関する収差図である。

【図16】実施例5のレンズ構成で、別の形態を示す図である。

【図17】実施例4のレンズ構成で、別の形態を示す図である。

【図18】3板式液晶リアプロジェクタの色合成系以降の説明図である。

【符号の説明】

I 第1レンズ群

II 第2レンズ群

III 第3レンズ群

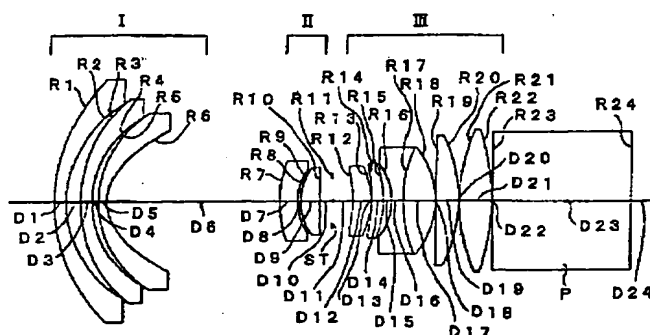
ST 絞り

P クロス型ダイクロイックプリズム（色合成プリズム）

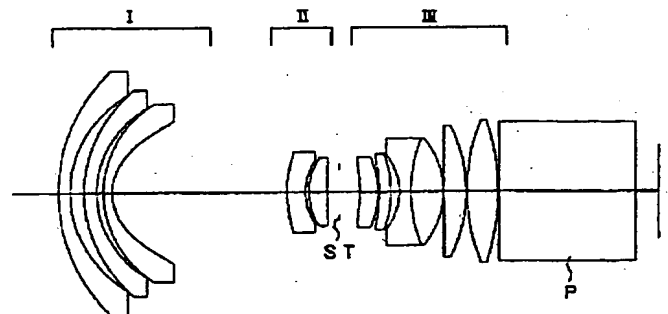
M 平面反射ミラー

RP 反射面を持つプリズム

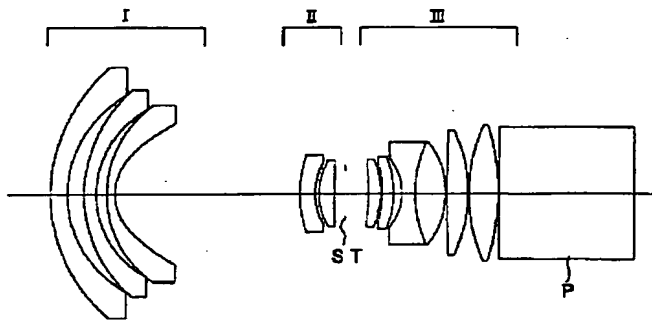
【図1】



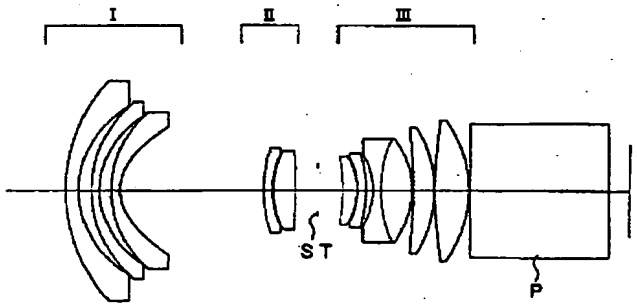
【図2】



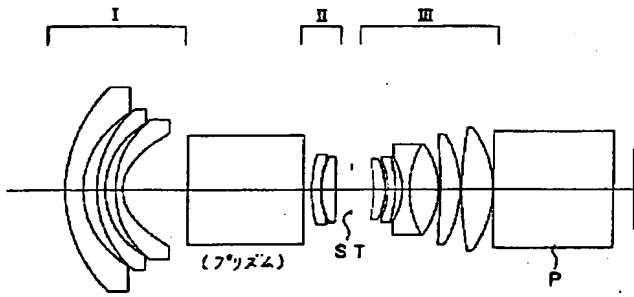
【図3】



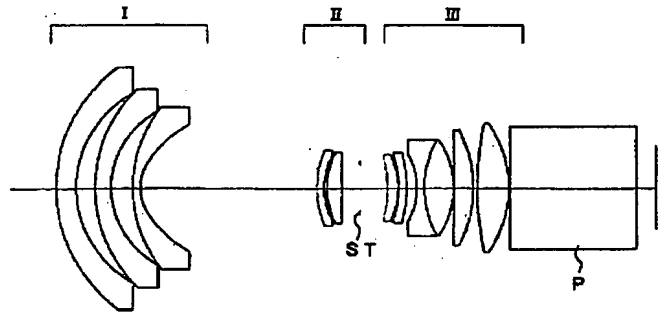
【図4】



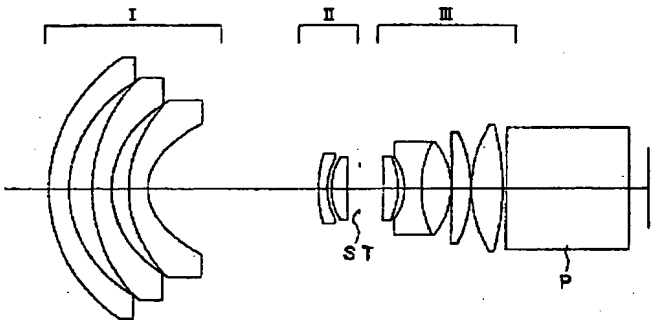
【図5】



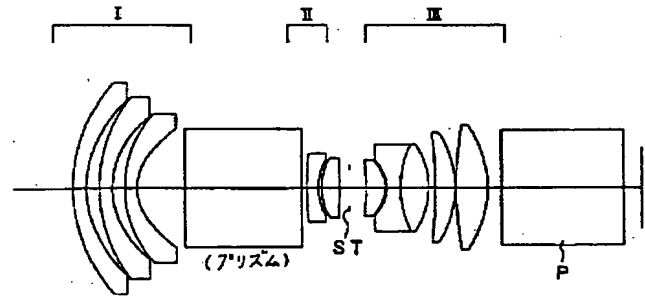
【図6】



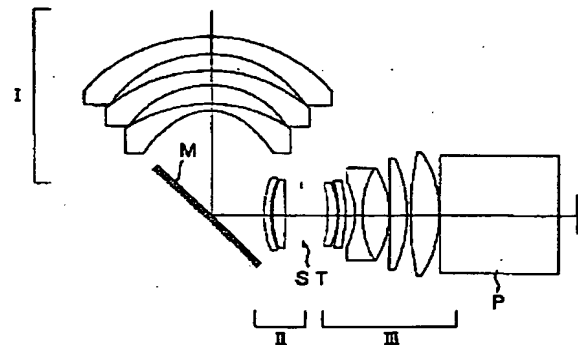
【図7】



【図8】

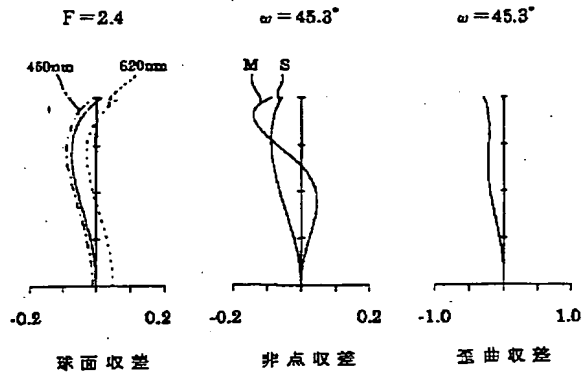


【図16】



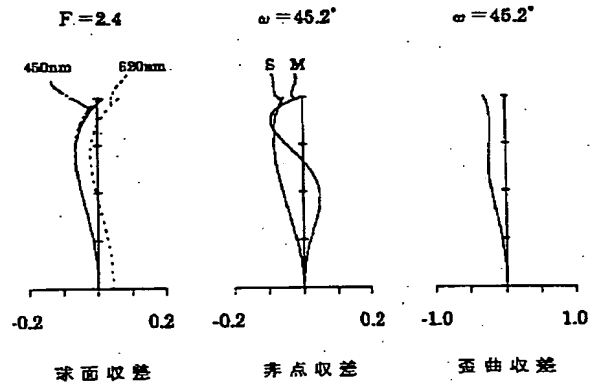
【図9】

(实施例1)



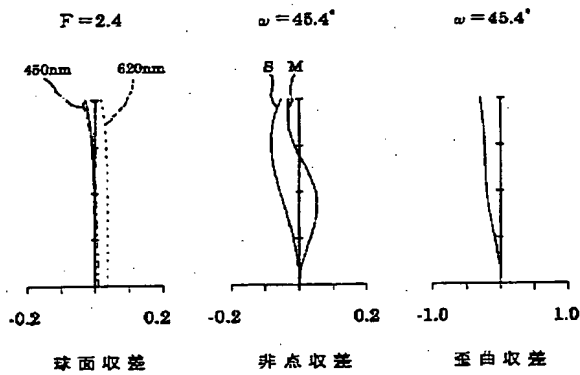
【図10】

(实施例2)



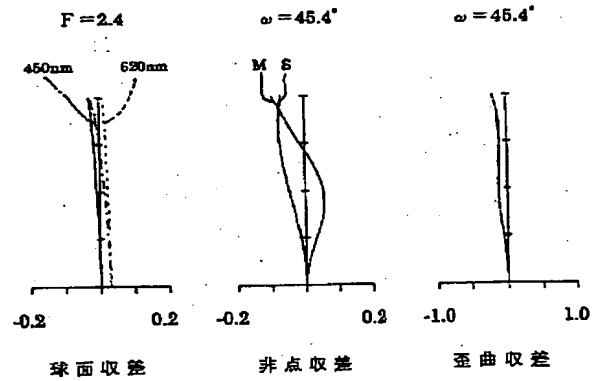
【図11】

(实施例3)



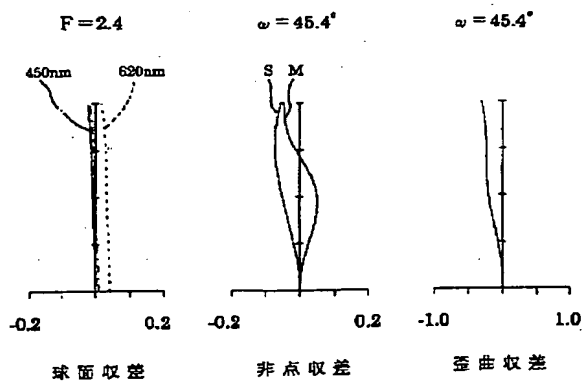
【図12】

(实施例4)



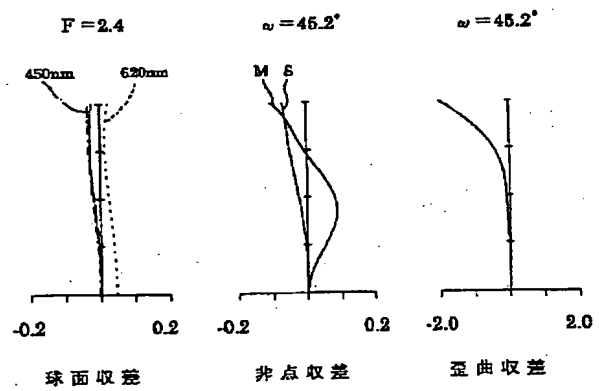
【図13】

(实施例5)



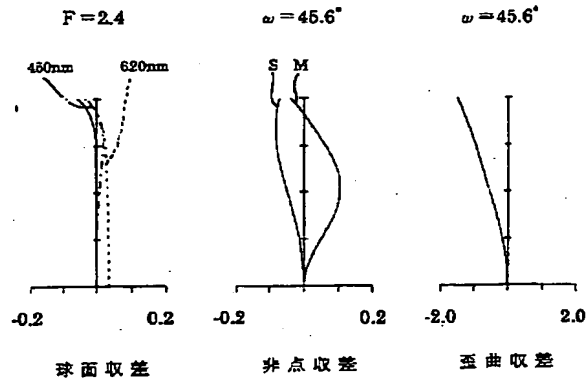
【図14】

(实施例6)

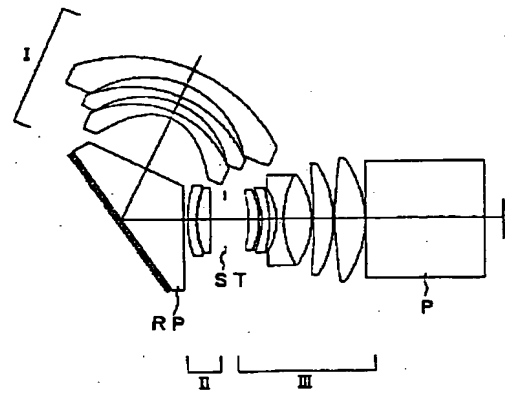


【図15】

(実施例7)



【図17】



【図18】

